

**10/553145**

2/pets 1

**JC20 Rec'd PCT/PTO 14 OCT 2009****Verwendung eines Gegenstands  
als elektronisches Bauteil**

5 Die vorliegende Erfindung betrifft die Verwendung eines Gegenstands, dessen Oberfläche ganz oder teilweise einen Verbundwerkstoff aufweist, bestehend aus einem Polymer und einer darauf befindlichen metallischen Schicht, als elektronisches Bauteil.

10 Gegenstände mit einer Oberfläche, die einen Verbundwerkstoff, bestehend aus einem Polymer und einer darauf befindlichen metallischen Schicht, aufweist, sind bekannt.

Im Allgemeinen gibt es drei verschiedene Arten solcher Gegenstände:

15 Zum einen solche, bei denen mindestens eine Metallschicht durch ein außenstromloses chemisches Verfahren direkt auf die Kunststoffoberfläche abgeschieden wird. Das Einsatzgebiet solcher Gegenstände ist aufgrund der bisher verwendeten Kunststoffe und der geringen Haftfestigkeit der außenstromlos aufgetragenen Metallschicht stark eingeschränkt und liegt fast ausschließlich im dekorativen Bereich, wie z.B. für verchromte Gegenstände aus ABS (Acryl/Butadien/Styrol-Kunststoffe) oder Polymerblends, insbesondere als Zier-

20

Zum anderen ist die Verwendung solcher Verbundwerkstoffe für elektronische Bauteile, wie für Abschirmungen im Hochfrequenzbereich, bekannt, bei denen die auf der Kunststoffoberfläche befindliche Metallschicht durch Aufdampfen von Metall auf Kunststoff in einem Vakuum (CVD/PVD-Verfahren) hergestellt wird. Hiermit werden geschlossene metallische Beschichtungen auf nichtmetallische Substrate, wie beispielsweise Kunststoffe, aufgebracht. Prinzipbedingt können aber nicht alle in der Elektronikindustrie üblichen Verbundwerkstoffe mit einer auf einer Kunststoffoberfläche befindlichen Metallschicht auf diese Weise hergestellt werden: Einerseits können keine Bauteile mit größeren Abmessungen im industriellen Maßstab wirtschaftlich hergestellt werden; andererseits haben die Metallschichten eine Dicke von maximal 3 µm. Darüber hinaus werden Bauteile mit Vertiefungen oder Hohlräumen nicht vollständig metallisiert und die Metallschicht hat nur eine sehr geringe Haftfestigkeit, so dass ihre Verwendung für mechanisch beanspruchte Elektronik-Bauteile überhaupt nicht möglich ist.

25

30

Ein weit verbreitetes Anwendungsgebiet dieser Aufdampf-Technik ist die Beschichtung von Kunststofffolien, zum Beispiel für die Lebensmittelverpackung. So offenbart die DE 198 49 661 A1, eine spezielle Polyesterfolie mit Aluminium zu bedampfen, so dass sie eine hohe Sauerstoffbarriere, einen guten Glanz und einen geringen Reibungskoeffizienten aufweist.

**BEST AVAILABLE COPY**

Die dort angegebenen Haftfestigkeiten von bis zu 3 N/mm sind jedoch zu gering, um in einer mechanisch beanspruchten, funktionellen Anwendung der metallisierten Folie bestehen zu können.

5 In der DE 43 12 926 A1 wird ein Verfahren zur Verbesserung der Haftfestigkeit von dentalen Metall-Kunststoff-Verbundschichten beschrieben. Dazu wird ein metallisches Substrat, auf dem bereits ein Polymer aufgebracht ist, mit einem speziellen Te-CO<sub>2</sub>-Laser bestrahlt. Gegebenenfalls wird zusätzlich ein Haftvermittler verwendet. Eine Metallisierung von Kunststoffsubstraten wird hier nicht beschrieben.

10

Auch die DE 42 11 712 A1 beschreibt eine Bestrahlung der Oberfläche eines Substrates zur Verbesserung der Haftfestigkeiten mit einem Eximer-Laser. Eine PET (Polyethylenterephthalat)-Folie wird dabei mit diesem speziellen Laser bestrahlt, um anschließend mit einer ferromagnetischen Metallschicht in Rahmen eines PVD-Verfahrens bedampft zu werden. Solche  
15 Folien finden unter anderem als Audio- oder Videoaufzeichnungsmedium Verwendung.

20

Für spezielle Kunststoffe, wie PEES und PA, gibt es darüber hinaus ein Verfahren, bei dem die zu beschichtenden Gegenstände zunächst mit geeigneten Substanzen gequollen und anschließend chemisch geätzt werden. Die erzielten Haftfestigkeiten der aufgetragenen  
20 Metallschicht auf dem Kunststoff liegen bei maximal 2 N/mm<sup>2</sup>.

Ein wesentlicher Nachteil bei diesem Verfahren ist die erhebliche Umweltbelastung durch die beiden chemischen Behandlungsmittel, so dass dieses Verfahren aus umweltpolitischen Gesichtspunkten nicht mehr lange angewandt werden kann.

25

Ein weiterentwickeltes Verfahren zur Metallisierung von Polyamiden, das auf dem oben beschriebenen Prinzip des Quells der Oberfläche des Kunststoffsubstrats beruht aber kein Beizen mit Chromschwefelsäure vorsieht, wird in einem Artikel von G.D. Wolf und F. Fänger "Metallisierte Polyamid-Spritzgußteile", Kunststoffe, 1989, S. 442-447, vorgestellt. Die Oberfläche des amorphen Polyamids wird mit einer metallorganischen Aktivator-Lösung  
30 behandelt. Es schließt sich ein herkömmlicher Abscheidungsprozess einer chemisch Nickelschicht an.

30

Nachteilig an dieser Art der Oberflächenbehandlung, die auf einer chemischen Reaktion der Behandlungslösung mit dem Substrat beruht, ist, dass die gequollenen Oberflächen sehr empfindlich gegen Umwelteinflüsse, wie zum Beispiel Staubeinlagerungen, sind. Des  
35 weiteren muss das zu behandelnde Polyamid amorph sein, da teilkristalline oder kristalline Polyamide von der vorgestellten Methode nicht angegriffen werden. Damit stellt diese

35

Methode ein aufwendiges und nur begrenzt einsetzbares Verfahren dar, um haftfeste Verbundschichten zwischen polymeren Substrat und Metallschicht zu erreichen.

Um das Problem des aufwendigen Herstellungsverfahrens bei PVD-Verbundwerkstoffen zu umgehen, hat man Verbundwerkstoffe entwickelt, in denen die metallische Schicht durch thermisches Spritzen auf die Kunststoffoberfläche erzeugt wird. Beim thermischen Spritzen werden metallische Partikel erwärmt und auf das zu beschichtende Substrat beschleunigt. Mit diesem Verfahren lassen sich jedoch ausschließlich geometrisch einfache Bauteile beschichten, wie zum Beispiel Kontaktflächen von Kunststoffübergängen bei Kondensatoren.

Die wesentlichen Nachteile bei diesem Verfahren sind, dass die Schichten eine hohe Porosität, hohe Eigenspannung, hohe Schichtstärken und unzureichende Haftung für mechanisch belastete Bauteile aufweisen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Bereitstellung eines elektronischen Bauteils, dessen Oberfläche ganz oder teilweise einen Verbundwerkstoff aus einem Kunststoff und einer Metallschicht aufweist, das die zuvor geschilderten Nachteile des Standes der Technik überwindet und in industriellem Maßstab herstellbar ist.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Verwendung eines Gegenstands, dessen Oberfläche ganz oder teilweise einen Verbundwerkstoff aufweist, wobei der Verbundwerkstoff aus einem nichtmetallischen Substrat, enthaltend mindestens ein Polymer, und einer darauf befindlichen außenstromlos abgeschiedenen metallischen Schicht mit einer Haftfestigkeit von mindestens  $4 \text{ N/mm}^2$  besteht, als elektronisches Bauteil.

In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Gegenstand als elektronisches Bauteil verwendet, dessen Oberfläche ganz oder teilweise einen Verbundwerkstoff aufweist, wobei dieser Verbundwerkstoff eine erste nichtmetallische Schicht und eine darauf aufgebrachte zweite metallische Schicht aufweist und wobei

- a) die Oberfläche des Gegenstands vor Aufbringen der metallischen Schicht nicht chemisch vorbehandelt wird; und
- b) die metallische Schicht nicht durch thermisches Spritzen, CVD, PVD oder Laserbehandlung aufgebracht wird.

Unter chemischer Vorbehandlung wird hier und im Folgenden als Abgrenzung zu mechanischen Behandlungen jede Behandlung einer Substratoberfläche verstanden, die durch Beizen, Ätzen, Quellen, Bedampfen, Plasma-Behandlung oder ähnlichen Methoden durchgeführt wird und bei der eine Veränderung der Oberflächen durch eine chemische Reaktion hervorgerufen wird.

Die verwendeten Gegenstände gemäß der vorliegenden Erfindung weisen im Gegensatz zu den nach chemischer Vorbehandlung metallisierten Gegenständen des Standes der Technik eine raue, scharfkantige Grenzschicht zwischen der nichtmetallischen Schicht und der außenstromlos aufgetragenen metallischen Schicht auf. Diese scharfkantigen Ausbuchtungen und Hinterschneidungen der Grenzschicht sind als kantige Oberflächenkonturen beispielsweise in einer Querschnittsanalyse deutlich erkennbar, deren Ausführung nachfolgend beschrieben wird. So sind sie von den eher runden, aber jedenfalls abgerundeten, Konturen zu unterscheiden, die durch eine chemische Vorbehandlung, beispielsweise durch Ätzen oder durch Herauslösen einer dazu eingelagerten 2. Phase in einem ABS-Kunststoff, entstehen (Abbildung 2).

Die Haftfestigkeiten (angegeben in  $\text{N/mm}^2$ ) der erfindungsgemäßen Verbundwerkstoffe werden ausschließlich anhand des Stirnzugversuchs nach DIN 50160 bestimmt:

Der Stirnzugversuch (senkrechter Zugtest) nach DIN 50160 wird seit Jahren zur Prüfung von Halbleitern, der Bestimmung der Haft-Zugfestigkeit thermisch gespritzter Schichten und bei verschiedenen Beschichtungstechnologien eingesetzt.

Für die Bestimmung der Haftfestigkeit im Stirnzugversuch wird der zu prüfende Schicht/Substrat-Verbund zwischen zwei Prüfstempeln verklebt und unter einachsiger zügiger Kraft bis zum Bruch belastet (vgl. Abbildung 1). Ist die Haftfähigkeit des Klebstoffs größer als die der Beschichtung und erfolgt der Bruch zwischen Schicht und Substrat, so kann nach Gleichung

$$\sigma_{H \text{ exp}} = \frac{F_{\max}}{A_G}$$

(mit  $\sigma_{H \text{ exp}}$ : experimentell erfassbare Haftfestigkeit,  $F_{\max}$ : Maximalkraft beim Bruch des Verbundes und  $A_G$ : geometrische Bruchfläche) die Haftfestigkeit berechnet werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Standardabweichung der Haftfestigkeit an sechs verschiedenen, über die Oberfläche des Verbundwerkstoffes verteilten Messwerte von höchstens 25 % des arithmetischen Mittelwerts auf.

Die angegebene Gleichmäßigkeit der Haftfestigkeit ermöglicht die erfindungsgemäße Verwendung von Gegenständen mit einem Verbundwerkstoff als elektronische Bauteile in besonderer Weise. So können Bauteile an unterschiedlichen Stellen bei bis zu 330 °C mit anderen elektronischen Komponenten verlötet werden.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird ein Gegenstand verwendet, dessen Verbundwerkstoff ein nichtmetallisches Substrat aufweist, das zugleich die Ober-

fläche des Gegenstands ist. Bevorzugt basieren diese Oberflächen auf einem polymeren Werkstoff. Als besonders bevorzugt sind faserverstärkte Kunststoffe, Thermoplaste und andere, industriell verwendete Polymere zu nennen.

5 Gleichmaßen ist es aber auch möglich, Gegenstände zu verwenden, deren nichtmetallisches Substrat nicht die Oberfläche des Gegenstands ist. So kann der verwendete Gegenstand aus einem metallischen oder keramischen Werkstoff bestehen, der mit einem nichtmetallischen Substrat überzogen ist, das mindestens ein Polymer enthält.

10 In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird ein Gegenstand mit einem Verbundwerkstoff als elektronisches Bauteil verwendet, der eine zwischen nichtmetallischem Substrat und metallischer Schicht befindliche Grenze aufweist mit einer Rauigkeit, deren  $R_z$ -Wert  $35\text{ }\mu\text{m}$  nicht übersteigt.

Der  $R_z$ -Wert ist ein Maß für die durchschnittliche vertikale Oberflächenzerklüftung.

15

Gemäß einer besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden Gegenstände mit einem Verbundwerkstoff als elektronische Bauteile verwendet, die eine zwischen nichtmetallischem Substrat und metallischer Schicht befindliche Grenze aufweist mit einer Rauigkeit, ausgedrückt durch einen  $R_a$ -Wert von höchstens  $5\text{ }\mu\text{m}$ .

20

Der  $R_a$ -Wert ist ein messtechnisch reproduzierbares Maß für die Rauigkeit von Oberflächen, wobei Profil-Ausreißer (d.h. extreme Täler oder Hügel) durch die Flächenintegration weitgehend unberücksichtigt bleiben.

25

Zur Bestimmung Rauigkeitswerte  $R_a$  und  $R_z$  wird aus einem erfindungsgemäßen Gegenstand eine Probe entnommen und es wird ein Querschliff gemäß der nachfolgend angeführten Methode angefertigt.

30

Bei der Querschliffanfertigung besteht die besondere Schwierigkeit, dass die Grenzfläche zwischen Substrat und Oberfläche durch die Bearbeitung sehr schnell zerstört oder abgelöst werden kann. Um dies zu vermeiden, wird bei jeder Querschliffanfertigung eine neue Trennscheibe der Firma Struer Typ 33TRE DSA Nr. 2493 verwendet. Darüber hinaus muss darauf geachtet werden, dass der Anpressdruck, der von der Trennscheibe auf die

35 Substratbeschichtung übertragen wird, so gerichtet ist, dass die Kraft von der Beschichtung aus in Richtung Substrat verläuft. Bei der Trennung ist darauf zu achten, dass der Anpressdruck so gering wie möglich gehalten wird.

Die zu untersuchende Probe wird in eine transparente Einbettmasse (Epofixkitt, erhältlich von der Firma Struer) gegeben. Die eingebettete Probe wird an einer Tischanstrichmaschine der Firma Struer, Typ KNUTH-ROTOR-2 geschliffen. Dabei werden verschiedene Schleifpapiere mit Siliziumcarbid und unterschiedlichen Körnungen verwendet. Die genaue Reihenfolge ist wie folgt:

	Körnung	Zeit
1. Schleifbehandlung	P800	ca. 1 min
2. Schleifbehandlung	P1200	ca. 1 min
3. Schleifbehandlung	P2400	ca. 30 sec
4. Schleifbehandlung	P 4000	ca. 30 sec

10 Während des Schleifvorgangs wird Wasser eingesetzt, um die Schleifpartikel abzutransportieren. Die Tangentialkraft, die am Querschnitt auftritt und durch Reibung entsteht, wird so gerichtet, dass die metallische Schicht gegen das nichtmetallische Substrat gedrückt wird. So wird wirksam verhindert, dass sich die metallische Schicht beim Schleifvorgang von dem nichtmetallischen Substrat ablöst.

15 Anschließend wird die so behandelte Probe mit einem motorbetriebenen Präparationsgerät des Typs DAP-A der Firma Struer poliert. Dabei wird nicht der übliche Probenbeweger verwendet, vielmehr wird die Probe ausschließlich von Hand poliert. Je nach zu polierendem Substrat wird eine Drehzahl zwischen 40 bis 60 U/min und eine Anpresskraft zwischen 5 und 10 N angewandt.

20

Der Querschliff wird anschließend einer REM-Aufnahme unterzogen. Für die Bestimmung der Grenzlinienvergrößerung wird die Grenzlinie der Schicht zwischen nichtmetallischem Substrat und metallischer Oberfläche bei 10.000-facher Vergrößerung bestimmt. Zur Auswertung wird das Programm OPTIMAS der Firma Wilhelm Mikroelektronik verwendet.

25

Als Ergebnis werden X-Y-Wertepaare ermittelt, die die Grenzlinie zwischen Substrat und Schicht beschreiben. Zur Bestimmung der Grenzlinienvergrößerung im Sinne der vorliegenden Erfindung ist eine Strecke von mindestens 100 µm erforderlich. Dabei ist der Verlauf der Grenzlinie mit mindestens 10 Messpunkten pro µm zu bestimmen. Die Grenzlinienvergrößerung bestimmt sich aus dem Quotienten von wahrer Länge durch geometrische Länge. Die geometrische Länge entspricht dem Abstand der Messstrecke, das heißt zwischen dem ersten und letzten Messpunkt. Die wahre Länge ist die Länge der Linie, die durch alle aufgenommenen Messpunkte verläuft.

30

Der Oberflächenrauheitswert  $R_a$  bestimmt sich nach der Norm DIN 4768 / ISO 4287/1 ebenfalls unter der Verwendung der zuvor aufgenommenen X-Y-Wertepaare.

5      Gemäß einer weiteren, ebenfalls bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält das nichtmetallische Substrat mindestens ein faserverstärktes Polymer, insbesondere ein Kohlenstofffaser verstärktes Polymer, und der Durchmesser der Faser beträgt weniger als 10  $\mu\text{m}$ .

10      Darüber hinaus kann das nichtmetallische Substrat in einer weiteren Form der vorliegenden Erfindung mindestens ein faserverstärktes Polymer enthalten, insbesondere ein Glasfaser verstärktes Polymer, wobei der Durchmesser der Faser mehr als 10  $\mu\text{m}$  beträgt.

15      Sofern die Verbundwerkstoffe nicht nur thermischen Beanspruchungen unterliegen sondern auch mechanischen werden besonders bevorzugt verstärkte Kunststoffe eingesetzt, insbesondere Kohlenstofffaser verstärkte Kunststoffe (CFK), Glasfaser verstärkte Kunststoffe (GFK), auch durch Aramitfasern verstärkte Kunststoffe oder Mineralfaser verstärkte Kunststoffe.

20      Auf diese Weise wird der Einsatz von Gegenständen mit hoher Steifigkeit bei sehr geringem Gewicht ermöglicht, die eine ausgezeichnete Haftung der metallischen Schicht zeigen. Dieses Eigenschaftsprofil ist für einen weiten Bereich der technischen Anwendungen interessant, wie zum Beispiel Antennen und Antennengehäuse für Sende- und Empfangsstationen im Mobilfunkbereich.

25      Mit der Verwendung dieser Gegenstände wird eine hohe Steifigkeit der resultierenden Bauteile bei geringem Gewicht erzielt, die aufgrund ihrer geringen Kosten für den industriellen Einsatz besonders interessant sind. Insbesondere Glasfaser verstärkte Polymere als Bestandteil des nichtmetallischen Substrates, die Fasern mit einem Durchmesser größer als 10  $\mu\text{m}$  aufweisen, sind sehr preiswert und gut zu verarbeiten. Der Faserdurchmesser hat einen großen Einfluss auf die Rauheitswerte, so dass bei solchen Werkstoffen gemäß der vorliegenden Erfindung ein Rauheitswert  $R_a$  von höchstens 10  $\mu\text{m}$  erzielt wird.

30      Gleichzeitig ist es erfindungsgemäß möglich, ausgezeichnete Werte für die Haftfestigkeit zu erzielen. Darüber hinaus weisen die erfindungsgemäß verwendeten Gegenstände eine hohe Gleichmäßigkeit der Haftung auf. Dies ermöglicht erstmals, die Lebensdauer für das elektronische Bauteil deutlich zu erhöhen. Denn bereits eine lokale Delamination des Schichtenverbundes führt zu einem Versagen des gesamten Bauteils. Besonders gravierend ist der Vorteil bei Bauteilen mit einer durch den Schichtenverbund bedeckten Oberfläche von

35      mehr als 10  $\text{dm}^2$ , also bei großen Bauteilen bzw. Bauteilen mit einer großen Oberfläche.

In einer weiteren Ausführungsform weist der vorstehend beschriebene Gegenstand eine Grenze zwischen nichtmetallischem Substrat und metallischer Schicht auf, die eine Rauigkeit mit einem  $R_z$ -Wert von höchstens 100  $\mu\text{m}$  aufweist.

5 Gerade für den Einsatz von faserverstärkten Polymeren, deren Faserstärke mehr als 10  $\mu\text{m}$  beträgt, ist es wichtig, möglichst geringe  $R_z$ -Werte zu erzielen. Bei dieser Kombination ist es überraschenderweise möglich, hohe Haftfestigkeiten bei – im Verhältnis den verwendeten großen Faserdurchmessern – geringen  $R_z$ -Werten zu erzielen.

10 Das Polymer des nichtmetallischen Substrats ist in einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ausgewählt aus der Gruppe von Polyamid, Polyvinylchlorid, Polystyrol, Epoxidharzen, Polyetheretherketon, Polyoxymethylen, Polyformaldehyd, Polyacetal, Polyurethan, Polyetherimid, Polyphenylsulfon, Polyphenylsulfid, Polyarylamid, Polycarbonat und Polyimid.

15 Bei dieser Ausführungsform kann die metallische Schicht eine Haftfestigkeit von mindestens 12  $\text{N/mm}^2$  aufweisen.

20 Gleichermaßen kann das Polymer des nichtmetallischen Substrats in einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aber auch ausgewählt sein aus Polypropylen oder Polytetrafluorethylen.

In den Fällen, in denen die nichtmetallische Schicht entweder Polypropylen und/oder Polytetrafluorethylen enthält, werden Haftfestigkeiten von mindestens 4  $\text{N/mm}^2$  erzielt. Dies stellt einen ausgezeichneten Wert dar, insbesondere in Verbindung mit der hohen Gleichmäßigkeit der Haftfestigkeit, die bisher nicht erzielt werden konnte.

25 Besonders bevorzugt sind erfindungsgemäße Ausführungsformen, die eine Standardabweichung der Haftfestigkeit sechs verschiedener, über die Oberfläche des Schichtenverbundes verteilten Messwerte von höchstens 25 %, insbesondere höchstens 15 %, des arithmetischen Mittelwerts aufweisen.

30 Auf diese Weise ist eine noch höhere mechanische Beanspruchbarkeit der resultierenden Bauteile gewährleistet.

35 Gemäß einer weiteren, ebenfalls bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist die außenstromlos abgeschiedene Metallschicht eine Metalllegierung oder Metallschicht.

Auf diese Weisen können erstmals Gegenstände mit einem Verbundwerkstoff als elektronische Bauteile verwendet werden, die eine ausgezeichnete Haftung der metallischen



Schicht auf dem nichtmetallischen Substrat aufweisen. Auch die Gleichmäßigkeit der Haftung der metallischen Schicht spielt eine wesentliche Rolle für die Eignung dieser Gegenstände als stark beanspruchte Bauteile. Eine gezielte Auswahl des nichtmetallischen Substrates und der darauf befindlichen metallischen Schicht ermöglicht eine exakte Anpassung des Eigenschaftsprofils an die Bedingungen des Einsatzgebietes.

Besonders bevorzugt wird auf das nichtmetallische Substrat des erfindungsgemäß verwendeten Gegenstands als außenstromlos abgeschiedene Metallschicht eine Kupfer-, Nickel- oder Goldschicht aufgebracht.

Es kann aber auch eine außenstromlos abgeschiedene Metalllegierung oder Metalldispersionsschicht aufgebracht werden, bevorzugt eine Kupfer-, Nickel- oder Goldschicht mit eingelagerten nichtmetallischen Partikeln. Dabei können die nichtmetallischen Partikel eine Härte von mehr als 1.500 HV aufweisen und ausgewählt sein aus der Gruppe von Siliziumcarbid, Korund, Diamant und Tetraborcarbid.

Diese Dispersionsschichten weisen somit neben den zuvor beschriebenen Eigenschaften weitere Funktionen auf, beispielsweise kann die Verschleißbeständigkeit oder Oberflächenbenetzung der verwendeten Gegenstände verbessert werden.

Ebenfalls bevorzugt können die nichtmetallischen Partikel reibungsvermindernde Eigenschaften aufweisen und ausgewählt sein aus der Gruppe von Polytetrafluorethylen, Molybdänsulfid, kubisches Bornitrid und Zinnsulfid.

Die Gegenstände der vorliegenden Erfindung werden besonders bevorzugt mit Hilfe eines speziellen Verfahrens erhalten, das die folgenden Schritte umfasst:

- i. die Oberfläche der nichtmetallischen Schicht wird vor Aufbringen der metallischen Schicht nicht chemisch vorbehandelt;
- ii. die Oberfläche der nichtmetallischen Schicht wird in einem ersten Schritt mittels eines Strahlmittels mikrostrukturiert;
- iii. die metallische Schicht wird anschließend durch außenstromlose Metallabscheidung aufgebracht.

Die als elektronische Bauteile zu verwendenden Gegenstände gemäß der vorliegenden Erfindung weisen als Verbundwerkstoff zunächst ein nichtmetallisches Substrat auf, das mindestens ein Polymer enthält. Zur Herstellung des Verbundwerkstoffes gemäß der Erfindung wird die Oberfläche des nichtmetallischen Substrates in einem ersten Schritt mittels einer Strahlbehandlung mikrostrukturiert. Das verwendete Verfahren ist zum Beispiel in der DE 197 29 891 A1 beschrieben. Als Strahlmittel werden besonders verschleiß-

beständige, anorganische Partikel verwendet. Bevorzugt handelt es um Kupfer-Aluminiumoxid oder Siliziumcarbid. Dabei hat es sich als vorteilhaft erwiesen, dass das Strahlmittel eine Partikelgröße zwischen 30 und 300 µm aufweist. Dort ist weiterhin beschrieben, dass auf die so aufgerauten Oberflächen eine Metallschicht aufgebracht werden kann mittels einer außenstromlosen Metallabscheidung.

Wie bereits die Verfahrensbezeichnung aussagt, wird bei der außenstromlosen Metallabscheidung während des Beschichtungsprozesses keine elektrische Energie von außen zugeführt sondern die Metallschicht wird ausschließlich durch eine chemische Relation abgeschieden. Die Metallisierung von nichtleitenden Kunststoffen in einer chemisch reduktiv arbeitenden Metallsalzlösung benötigt einen Katalysator an der Oberfläche, um an diesem das metastabile Gleichgewicht des Metallreduktionsbades zu stören und an der Oberfläche des Katalysators Metall abzuscheiden. Dieser Katalysator besteht aus Edelmetallkeimen wie Palladium, Silber, Gold und vereinzelt Kupfer, die auf der Kunststoffoberfläche aus einem Aktivatorbad angelagert werden. Bevorzugt wird, verfahrenstechnisch begründet, jedoch eine Aktivierung mit Palladiumkeimen.

Im wesentlichen erfolgt die Aktivierung der Substratoberfläche in zwei Schritten. In einem ersten Schritt wird das Bauteil in eine kolloidale Lösung (Aktivatorbad) eingetaucht. Dabei werden die für eine Metallisierung notwendigen, bereits in der Aktivatorlösung vorhandenen Palladiumkeime an der Kunststoffoberfläche adsorbiert. Nach der Bekeimung wird durch Spülen in einer alkalischen, wässrigen Lösung (Konditionierung) das sich beim Eintauchen in die kolloidalen Lösung zusätzlich gebildete Zinn-II- bzw. Zinn-IV-Oxidhydrat aufgelöst und dadurch der Palladiumkeim freigelegt. Nach dem Spülen kann mit chemischen Reduktionsbädern vernickelt oder verkupfert werden.

Dies erfolgt in einem durch einen Stabilisator im metastabilen Gleichgewicht gehaltenen Bad, welches sowohl das Metallsalz als auch das Reduktionsmittel enthält. Die Bäder für die Nickel- bzw. Kupferabscheidung haben die Eigenschaft, die in ihnen gelösten Metallionen an den Keimen zu reduzieren und elementares Nickel oder Kupfer abzuscheiden. Im Beschichtungsbad müssen sich die beiden Reaktionspartner den Edelmetallkeimen an der Kunststoffoberfläche nähern. Durch die hierdurch stattfindende Redoxreaktion entsteht die Leitschicht, wobei die Edelmetallkeime dabei die Elektronen des Reduktionsmittels aufnehmen und sie bei Annäherung eines Metallions wieder abgeben. Bei dieser Reaktion wird Wasserstoff freigesetzt. Nachdem die Palladiumkeime mit Nickel bzw. Kupfer überzogen wurden, übernimmt die aufgebraute Schicht die katalytische Wirkung. Dies bedeutet, dass die Schicht von den Palladiumkeimen aus zusammenwächst, bis sie völlig geschlossen ist.

Exemplarisch wird an dieser Stelle auf die Abscheidung von Nickel eingegangen. Beim Beschichten mit Nickel wird die bekeimte und konditionierte Kunststoffoberfläche in ein Nickelmetallsalzbad eingetaucht, welches in einem Temperaturbereich zwischen 82°C und 94°C eine chemische Reaktion zulässt. Der Elektrolyt ist im allgemeinen eine schwache Säure mit einem pH-Wert, der zwischen 4,4 und 4,9 liegt.

Die aufgetragenen dünnen Nickelüberzüge können mit einer elektrolytisch abgeschiedenen Metallschicht verstärkt werden. Eine Beschichtung von Bauteilen mit Schichtendicken  $>25\text{ }\mu\text{m}$  ist aufgrund der niedrigen Abscheidungsgeschwindigkeit chemischer Beschichtungsprozesse nicht wirtschaftlich. Weiterhin können mit den chemischen Beschichtungsprozessen nur wenige Beschichtungswerkstoffe abgeschieden werden, so dass es vorteilhaft ist, für weitere technisch wichtige Schichtwerkstoffe auf elektrolytische Verfahren zurückzugreifen. Ein weiterer wesentlicher Punkt sind die unterschiedlichen Eigenschaften chemisch und elektrolytisch abgeschiedener Schichten bei Schichtstärken  $>25\text{ }\mu\text{m}$ , beispielsweise Einebnung, Härte und Glanz. Die Grundlagen der elektrolytischen Metallabscheidung sind in B. Gaida, „Einführung in die Galvanotechnik“, E.G. Leuze-Verlag, Saulgau, 1988 oder in H. Simon, M. Thoma, „Angewandte Oberflächentechnik für metallische Werkstoffe“, C. Hanser-Verlag, München (1985) beschrieben.

Kunststoffteile, die durch einen außenstromlosen Beschichtungsprozess eine elektrisch leitende Schicht aufweisen, unterscheiden sich hinsichtlich der elektrolytischen Metallisierung nur unwesentlich von denen der Metalle. Trotzdem sollten einige Punkte bei der elektrolytischen Metallisierung von metallisierten Kunststoffen nicht außer acht gelassen werden. Aufgrund der meist geringen Leitschichtstärke muss die Stromdichte zu Beginn der elektrolytischen Abscheidung reduziert werden. Wird dieser Punkt nicht beachtet, kann es zum Ablösen und zum Verbrennen der Leitschicht kommen. Ferner sollte darauf geachtet werden, dass störende Anlaufschichten mit speziell dafür geeigneten Dekapierbädern entfernt werden. Weiterhin können Eigenspannungen zum Zerstören der Schicht führen. Bei der Abscheidung von Nickelschichten aus einem ammoniakalischen Bad können beispielsweise Zugspannungen in der Größenordnung von 400 bis 500 MPa auftreten. Durch Zusätze, wie Saccharin und Butindiol, kann eine Veränderung der Struktur der Nickelüberzüge in Form einer veränderten Korngröße und Bildung von Mikrodeformationen den Abbau von inneren Spannungen begünstigen, was sich auf ein mögliches vorzeitiges Versagen bei der Beschichtung positiv auswirken kann.

Beispiele für außenstromlos aufgetragene Metallschichten sind in dem Handbuch der Firma AHC Oberflächentechnik ausführlich beschrieben („Die AHC-Oberfläche“ Handbuch für Konstruktion und Fertigung, 4. Auflage, 1999).

Auf der metallischen Schicht können noch eine oder mehrere Schichten, insbesondere metallische, keramische sowie vernetzte oder gehärtete Polymerschichten angeordnet sein.

So ist es zum Beispiel möglich, auf einer außenstromlos abgeschiedenen Nickelschicht als metallische Schicht der vorliegenden Erfindung eine weitere, elektrolytisch abgeschiedene Nickelschicht aufzubringen und darauf eine Chromschicht abzuscheiden. Die elektrolytische Abscheidung der zweiten Nickelschicht wird vorgenommen, um größere Schichtdicken kostengünstig herstellen zu können.

Des weiteren können die Gegenstände der vorliegenden Erfindung als metallische Schicht eine Kupferschicht aufweisen, auf die anschließend eine Zinn- oder eine weitere Kupferschicht aufgebracht werden kann. Anschließend wird zum Beispiel eine Goldschicht auf die bereits vorhandenen Metallschichten appliziert. Solche Beschichtungen können ihre Anwendung zum Beispiel zur EMV-Abschirmung elektronischer Bauteile oder zur Verbesserung der thermischen Leitfähigkeit der beschichteten Gegenstände finden.

Auch können die gemäß der vorliegenden Erfindung verwendeten Gegenstände eine Nickelschicht als metallische Schicht aufweisen, auf die eine weitere Nickelschicht aufgebracht wird. Auf diese Weise ist es möglich, eine hohe Steifigkeit der resultierenden Kunststoffteile zu erreichen und so eine Anwendung für mechanisch stark beanspruchte Komponenten zu gewährleisten.

Eine besonders industriell bevorzugte Ausführungsform sind Filtergehäuse für Hochfrequenz-Komponenten in der Telekommunikationsindustrie, insbesondere für die Sendemasteneinheit auf dem Mobilfunksektor. Hierbei handelt es sich um die Verwendung von Gegenständen aus PPS/PEI, deren gesamte Oberfläche zuerst mit einer chemisch, außenstromlos aufgetragenen Nickel/Phosphor-Legierung in einer Schichtdicke von 6 µm und anschließend mit einer elektrolytisch aufgetragenen Silberschicht in einer Dicke von 6 µm überzogen wird.

Bisher wurden solche Gegenstände aus Aluminium gefertigt, dann vernickelt und schließlich versilbert. Die Verwendung dieser Gegenstände des Standes der Technik weist erhebliche Korrosionsprobleme auf, insbesondere in abgasbelasteten Ballungsgebieten. Bisher mussten diese Filtergehäuse alle 6 Monate ausgetauscht werden. Mit der erfindungsgemäßen Verwendung des Gegenstands mit einem Verbundwerkstoff kann die Einsatzdauer im Gegensatz dazu auf mehr als 2 Jahre erhöht werden.

Des weiteren können metallische Schichten nicht nur elektrolytisch sondern auch mit Hilfe anderer Verfahren wie CVD/PVD auf einen Gegenstand mit einer metallischen Schicht der vorliegenden Erfindung aufgebracht werden.

5 Auf diese Weise ist es möglich, Aluminium oder Edelstahl auf einen Gegenstand aufzubringen, der zum Beispiel aus Kunststoff besteht und mit einer Nickelschicht gemäß der vorliegenden Erfindung versehen ist.

10 In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist auf der außenstromlos abgeschiedenen metallischen Schicht des erfindungsgemäß verwendeten Gegenstands eine Schicht aus Aluminium, Titan oder deren Legierungen aufgebracht, deren Oberfläche anodisch oxidiert oder keramisiert ist.

15 Solche auf anodischem Wege oxidierten oder keramisierten Schichten aus Aluminium, Titan oder deren Legierungen sind auf metallischen Gegenständen bekannt und werden beispielsweise unter der Bezeichnung Hart-Coat® oder Kepla-Coat® von der Firma AHC Oberflächentechnik GmbH & Co. OHG vertrieben. Diese Schichten zeichnen sich durch eine besonders hohe Härte und einen hohen Betriebswiderstand und über mechanischen Beanspruchungen.

20 Zwischen der außenstromlos abgeschiedenen metallischen Schicht des erfindungsgemäß verwendeten Gegenstands und der Schicht aus Aluminium, Titan oder deren Legierungen können noch eine oder mehrere weitere metallische Schichten angeordnet sein.

25 Die weiteren, zwischen der stromlos abgeschiedenen Schicht und der Aluminiumschicht angeordneten metallischen Schichten sind je nach Einsatzzweck ausgewählt. Auswahl solcher Zwischenschichten ist dem Fachmann gut bekannt und beispielsweise in dem Buch „Die AHC-Oberfläche – Handbuch für Konstruktion und Fertigung“ 4. erweiterte Auflage 1999 beschrieben.

30 Ebenso ist es möglich, dass die Oberfläche eines solchen Gegenstands eine durch Fremdioneneinlagerung schwarz gefärbte, keramische Oxidschicht aus Aluminium, Titan oder deren Legierungen ist.

Die durch Fremdionen schwarz gefärbte keramische Oxidschicht aus Aluminium, Titan oder deren Legierungen ist für hochwertige optische Elemente von besonderem Interesse, insbesondere in der Luft- und Raumfahrtindustrie.

35 Die Herstellung von durch Fremdioneneinlagerung schwarz gefärbten keramischen Oxidschichten ist beispielsweise in der US-A-5035781 oder US-A-5075178 beschrieben. Die Erzeugung von Oxidkeramiksichten auf Aluminium oder Titan ist beispielsweise in der EP 0 545 230 B1 beschrieben. Die Herstellung von anodisch erzeugten Oxidschichten auf Aluminium ist beispielsweise in der EP 0 112 439 B1 beschrieben.

Ein weiteres interessantes Beispiel für einen erfindungsgemäßen Gegenstand ist ein Kunststoff, der zunächst mit einer außenstromlos aufgetragenen Nickelschicht versehen ist. Auf diese Nickelschicht werden anschließend nacheinander Schichten von Silber und Gold elektrolytisch aufgetragen. Eine solche, eher spezielle, Schichtenabfolge findet in der

5     Medizintechnik Anwendung bei Bauteilen für diagnostische Geräte.

Insgesamt zeigen die oben angeführten Beispiele, dass die erfindungsgemäßen Gegenstände in einem sehr großen Bereich technischer Anwendungen eingesetzt werden können.

10     Ein Gegenstand gemäß der vorliegenden Erfindung kann beispielsweise als Kondensator, Schallfeldkondensator, Hochfrequenz-Bauteil, Antenne, Antennengehäuse, Schallreiter, Mikrowellenhohlleiter oder Schalterfläche verwendet werden.

**Beispiel (erfindungsgemäß)**

Eine Platte aus Polyamid-6 mit den Abmessungen 200 \* 100 \* 12 mm mit einer Ausgangsrauigkeit von  $R_a = 0,64 \mu\text{m}$  und  $R_z = 7,5 \mu\text{m}$  wurde oberflächenbehandelt:

- 5 Die Oberflächenvorbehandlung wird mit einer modifizierten Druckstrahlanlage der Fa. Straaltechnik International vorgenommen. Die Strahlanlage wird mit einem Druck von 4 bar betrieben. Als Strahldüse wird eine Borcarbiddüse mit einem Durchmesser von 8 mm eingesetzt. Die Strahldauer beträgt 4,6 s. Als Strahlmittel wird SiC der Körnung P80 mit einem mittleren Korndurchmesser von 200 bis 300  $\mu\text{m}$  verwendet.
- 10 Um das Strahlsystem speziell an die Anforderungen der Kunststoffmodifikation hinsichtlich reproduzierbarer Oberflächentopographien anzupassen, wurden 2 Druckkreisläufe installiert, je einer für den Transport des Strahlmittels und den eigentlichen Beschleunigungsvorgang. Diese Modifikation ergab einen sehr konstanten Volumenstrom und einen großen Druckbereich.
- 15 Ein Druckluftstrom transportiert das Strahlmittel mit einem möglichst geringen Druck zur Düse. Die Strömungsverhältnisse gewährleisten, verursacht durch einen hohen Volumenstrom des Strahlmittels und einen geringen Anteil an Druckluft, einen geringen Verschleiß der Anlage und des Strahlmittels. Erst am Ende des Transportschlauches vor der Mischdüse wird der Querschnitt reduziert, um den gewünschten Volumenstrom einzustellen. Bei allen
- 20 Kunststoffvorbehandlungen wurde ein konstanter Volumenstrom von 1 l/min vorgegeben. Im zweiten Teil des Systems strömt bis zur Düse Druckluft (Volumenstrom 1), die sich in einem Druckbereich von 0,2-7 bar stufenlos einstellen lässt. Das Strahlmittel, welches mit einer sehr kleinen Strömungsgeschwindigkeit in die Mischdüse gefördert wird, wird dann durch die hohe Strömungsgeschwindigkeit des Druckluftstroms beschleunigt.
- 25 Die so aufgerauhte Platte wird in ein Ultraschallbad mit einem Gemisch aus entionisiertem Wasser und 3 Vol.-% Butylglykol fünf Minuten lang behandelt.
- 30 Die für die Metallabscheidung der Leitschicht verwendeten Badreihen basieren auf der bekannten kolloidalen Palladiumaktivierung in Verbindung mit einer abschließenden katalysierten Metallreduktion. Alle hierfür benötigten Badreihen wurden von der Fa. Max Schlötter bezogen. Die vom Hersteller angegebenen Tauchreihenfolgen, Behandlungszeiten und -temperaturen wurden bei allen Prozessschritten der Nickelabscheidung eingehalten:
- 35 (1) Aktivatorvortauchlösung:
- Dient zur Vermeidung der Einschleppung von Verunreinigungen und zur vollständigen Benetzung der Probe vor dem eigentlichen Aktivieren der Oberfläche.

Tauchzeit: 2 min, Raumtemperatur

(2) Aktivator GS 510:

Aktivierung der Oberfläche mit Zinn/Palladium-Kolloid.

Tauchzeit: 4 min, Raumtemperatur

5 (3) Spülbäder: entionisiertes Wasser

Vermeidung der Einschleppung von Aktivator GS 510-Bestandteilen durch Spülen in entionisiertem Wasser.

Tauchzeit: 1 min, Raumtemperatur

(4) Conditioner 101:

10 Konditionierung der Werkstoffoberfläche durch Ablösen störender Zinnverbindungen von der Oberfläche.

Tauchzeit: 6 min, Raumtemperatur

(5) Spülbäder: entionisiertes Wasser.

Tauchzeit: 1 min, Raumtemperatur

15 (6a) Chemisches Nickelbad SH 490 LS:

Metallisieren der Kunststoffe mit einer hellen, halbgänzenden amorphen Schicht bei einer Abscheidetemperatur von 88-92°C.

Tauchzeit: 10 min

20 Bei der gewählten Tauchzeit im Nickelbad ergab sich eine Schichtstärke von 1,4 µm. Diese Stärke der Nickelschicht reicht für eine elektrolytische Beschichtung aus.

Sämtliche Prozeßschritte, die zur Abscheidung der Leitschicht nötig waren, erfolgten in 50 l fassenden Kunststoffwannen, wobei bei der Nickelabscheidung durch eine zusätzliche Heizplatte mit Temperaturregelung eine Badtemperatur von  $90^{\circ} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  während des gesamten Beschichtungszyklus eingehalten wurde. Um eine gleichmäßige und reproduzierbare Schichtqualität zu erhalten, wurden die Badreihen nach einem Durchsatz von 20 Proben nach Angaben der Fa. Max Schlötter analysiert und ergänzt.

25 Nachdem die Nickelleitschicht chemisch aufgebracht war, wurden die Probe von ca. 90°C auf ca. 60°C in destilliertem Wasser abgekühlt, um dann bei 55°C elektrolytisch mit Nickel weiterbeschichtet zu werden. Dieser Zwischenschritt diente dazu, das Entstehen von Reaktionsschichten zu vermeiden und durch rasches Abkühlen hervorgerufene Eigen-  
30 spannungen auszuschließen. Die Proben, die ausschließlich mit einer Nickelleitschicht beschichtet wurden, kühlten in einem destillierten Wasserbad langsam bis auf 25°C ab.

35 Die Querschliffuntersuchung durch REM (1.500-fach und 3.000-fach) sind in den folgenden Abbildungen (Abbildung 3) wiedergegeben.



Die Ergebnisse der Haftfestigkeitsuntersuchungen sind in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1**

5

Nr.	Haftfestigkeit
1	20,5 N/mm <sup>2</sup>
2	19,5 N/mm <sup>2</sup>
3	13,4 N/mm <sup>2</sup>
4	16,4 N/mm <sup>2</sup>
5	22,3 N/mm <sup>2</sup>
6	20,3 N/mm <sup>2</sup>
7	16,8 N/mm <sup>2</sup>
8	14,5 N/mm <sup>2</sup>
9	13,2 N/mm <sup>2</sup>
10	12,9 N/mm <sup>2</sup>
11	16,7 N/mm <sup>2</sup>
12	24,5 N/mm <sup>2</sup>
13	18,4 N/mm <sup>2</sup>
14	19,2 N/mm <sup>2</sup>
15	15,4 N/mm <sup>2</sup>
16	22,9 N/mm <sup>2</sup>
17	16,7 N/mm <sup>2</sup>
18	17,3 N/mm <sup>2</sup>
19	12,8 N/mm <sup>2</sup>
20	14,5 N/mm <sup>2</sup>
21	18,2 N/mm <sup>2</sup>
22	19,7 N/mm <sup>2</sup>
23	23,4 N/mm <sup>2</sup>
24	18,9 N/mm <sup>2</sup>
25	20,1 N/mm <sup>2</sup>
26	21,4 N/mm <sup>2</sup>
Standardabweichung	3,4 N/mm <sup>2</sup>
Mittelwert	18,1 N/mm <sup>2</sup>
Variationskoeffizient	19 %

#### Vergleichsbeispiel (nicht erfindungsgemäß)

- 10 Das erfindungsgemäße Beispiel wird wiederholt, jedoch wird nach der Strahlbehandlung die Platte in einem Ultraschallbad in einer Suspension von 5 Gew.-% CaCO<sub>3</sub> in 96% Ethanol 5 Minuten lang behandelt.
- Anschließend wird die Platte in einem weiteren Ultraschallbad mit reinen, 96-%igem Ethanol für weitere fünf Minuten lang behandelt.
- 15 Die Querschliffuntersuchung durch REM (1.500-fach und 3.000-fach) sind in den folgenden Abbildungen (Abbildung 4) wiedergegeben.

Die Auswertung der EDX-Analyse ergab eine Restmenge an Calcium von 0,91 Gew.-%, die aus der Behandlung der  $\text{CaCO}_3$ / Ethanol-Suspension stammt.

Die Ergebnisse der Haftfestigkeitsuntersuchungen sind in Tabelle 2 dargestellt.

5

Tabelle 2

Nr.	Haftfestigkeit
1	9,9 N/mm <sup>2</sup>
2	19,1 N/mm <sup>2</sup>
3	10,1 N/mm <sup>2</sup>
4	13,1 N/mm <sup>2</sup>
5	16,6 N/mm <sup>2</sup>
6	10,3 N/mm <sup>2</sup>
7	19,8 N/mm <sup>2</sup>
8	13,3 N/mm <sup>2</sup>
9	21,4 N/mm <sup>2</sup>
10	10,9 N/mm <sup>2</sup>
11	20,0 N/mm <sup>2</sup>
12	10,9 N/mm <sup>2</sup>
13	11,7 N/mm <sup>2</sup>
14	13,0 N/mm <sup>2</sup>
15	16,4 N/mm <sup>2</sup>
16	14,1 N/mm <sup>2</sup>
17	15,4 N/mm <sup>2</sup>
18	10,5 N/mm <sup>2</sup>
19	15,8 N/mm <sup>2</sup>
20	16,7 N/mm <sup>2</sup>
21	8,5 N/mm <sup>2</sup>
22	17,2 N/mm <sup>2</sup>
23	7,0 N/mm <sup>2</sup>
24	18,2 N/mm <sup>2</sup>
25	7,2 N/mm <sup>2</sup>
26	19,4 N/mm <sup>2</sup>
Standardabweichung	4,2 N/mm <sup>2</sup>
Mittelwert	14,1 N/mm <sup>2</sup>
Variationskoeffizient	29,8%

10 Die Ergebnisse zeigen deutlich einen signifikanten Unterschied in der Standardabweichung der Haftfestigkeit der verschiedenen, über die Oberfläche des Verbundwerkstoffes verteilten Messwerte.

Dieser Unterschied bewirkt beispielsweise bei der Verwendung von Filter- und Antennen-  
 15 gehäusen, welche großen Temperaturschwankungen und/oder mechanischer Beanspruchung ausgesetzt sind, eine höhere Lebensdauer, da keine lokal auftretenden Delaminationen zu beobachten sind.

Bezugszeichenliste Abbildung 1:

- (1) Zugstempel
- (2) Kleber
- (3) Metallschicht
- (4) Substrat

## P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verwendung eines Gegenstands, dessen Oberfläche ganz oder teilweise einen Verbundwerkstoff aufweist, wobei der Verbundwerkstoff aus einem nichtmetallischen Substrat, enthaltend mindestens ein Polymer, und einer darauf befindlichen außenstromlos abgeschiedenen metallischen Schicht mit einer Haftfestigkeit von mindestens 4 N/mm<sup>2</sup> besteht, als elektronisches Bauteil.
2. Verwendung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Standardabweichung der Haftfestigkeit an sechs verschiedenen, über die Oberfläche des Verbundwerkstoffes verteilten Messwerte von höchstens 25 % des arithmetischen Mittelwerts aufweist.
3. Verwendung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass
  - a) die Oberfläche des Gegenstands vor Aufbringen der außenstromlos abgeschiedenen metallischen Schicht nicht chemisch vorbehandelt wird; und
  - b) die metallische Schicht nicht durch thermisches Spritzen, CVD, PVD oder Laserbehandlung aufgebracht wird.
4. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das nichtmetallische Substrat die Oberfläche des Gegenstands ist.
5. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das nichtmetallische Substrat nicht die Oberfläche des Gegenstands ist.
6. Verwendung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zwischen nichtmetallischem Substrat und metallischer Schicht befindliche Grenze eine Rauigkeit mit einem R<sub>z</sub>-Wert von höchstens 35 µm aufweist.
7. Verwendung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zwischen nichtmetallischem Substrat und metallischer Schicht befindliche Grenze eine Rauigkeit mit einem R<sub>a</sub>-Wert von höchstens 5 µm aufweist.
8. Verwendung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das nichtmetallische Substrat mindestens ein faserverstärktes Polymer,

insbesondere ein Kohlenstofffaser verstärktes Polymer, enthält und der Durchmesser der Faser weniger als 10 µm beträgt.

9. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass das nichtmetallische Substrat mindestens ein faserverstärktes Polymer, insbesondere ein Glasfaser verstärktes Polymer, enthält und der Durchmesser der Faser mehr als 10 µm beträgt.
10. Verwendung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass die zwischen nichtmetallischem Substrat und metallischer Schicht befindliche Grenze eine Rauigkeit mit einem  $R_a$ -Wert von höchstens 10 µm aufweist.
11. Verwendung nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die zwischen nichtmetallischem Substrat und metallischer Schicht befindliche Grenze eine Rauigkeit mit einem  $R_z$ -Wert von höchstens 100 µm aufweist.
12. Verwendung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Polymer ausgewählt ist aus der Gruppe von Polyamid, Polyvinylchlorid, Polystyrol, Epoxidharzen, Polyetheretherketon, Polyoxymethylen, Polyformaldehyd, Polyacetal, Polyurethan, Polyetherimid, Polyphenylsulfon, Polyphenylensulfid, Polyarylamid, Polycarbonat und Polyimid.
13. Verwendung nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die metallische Schicht eine Haftfestigkeit von mindestens 12 N/mm<sup>2</sup> aufweist.
14. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass das nichtmetallische Substrat Polypropylen oder Polytetrafluorethylen ist.
15. Verwendung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Standardabweichung der Haftfestigkeit höchstens 25 %, insbesondere höchstens 15 %, des arithmetischen Mittelwerts beträgt.
16. Verwendung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die außenstromlos abgeschiedene Metallschicht eine Metalllegierung oder Metaldispersionsschicht ist.

17. Verwendung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die außenstromlos abgeschiedene Metallschicht eine Kupfer-, Nickel- oder Goldschicht ist.
18. Verwendung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die außenstromlos abgeschiedene Metalldispersionsschicht eine Kupfer-, Nickel- oder Goldschicht mit eingeleagerten nichtmetallischen Partikeln ist.
19. Verwendung nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass die nichtmetallischen Partikel eine Härte von mehr als 1.500 HV aufweisen und ausgewählt sind aus der Gruppe von Siliziumcarbid, Korund, Diamant und Tetraborcarbid.
20. Verwendung nach Anspruch 18 oder 19, dadurch gekennzeichnet, dass die nichtmetallischen Partikel reibungsvermindernde Eigenschaften aufweisen und ausgewählt aus der Gruppe von Polytetrafluorethylen, Molybdänsulfid, kubisches Bornitrid und Zinnsulfid.
21. Verwendung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass auf der außenstromlos abgeschiedenen metallischen Schicht eine Schicht aus Aluminium, Titan oder deren Legierungen aufgebracht ist, deren Oberfläche anodisch oxidiert oder keramisiert ist.
22. Verwendung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der außenstromlos abgeschiedenen metallischen Schicht und der Schicht aus Aluminium, Titan oder deren Legierungen noch eine oder mehrere metallische Schichten angeordnet sind.
23. Verwendung nach Anspruch 21 oder 22, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberfläche des Gegenstands eine durch Fremdioneneinlagerung schwarz gefärbte, keramische Oxidschicht aus Aluminium, Titan oder deren Legierungen ist.
24. Verwendung nach einem der vorhergehenden Ansprüche als Kondensator, Schallfeldkondensator, Hochfrequenz-Bauteil, Antenne, Antennengehäuse, Schallreiter, Mikrowellenhohlleiter oder Schalterfläche.

1/2

Abbildung 1

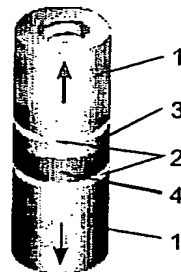
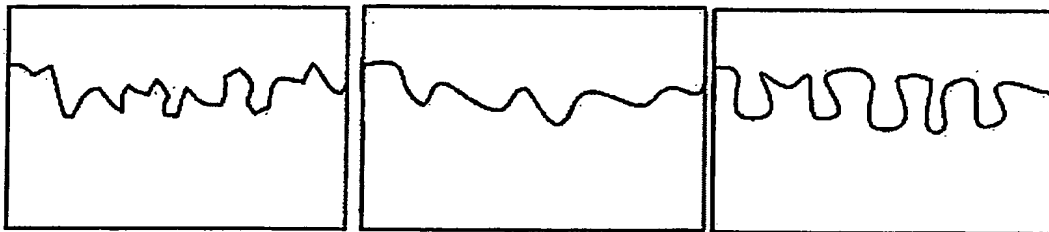


Abbildung 2



Mikrostrukturierung

Ätzen

ABC mit Metall-  
schicht

Abbildung 3

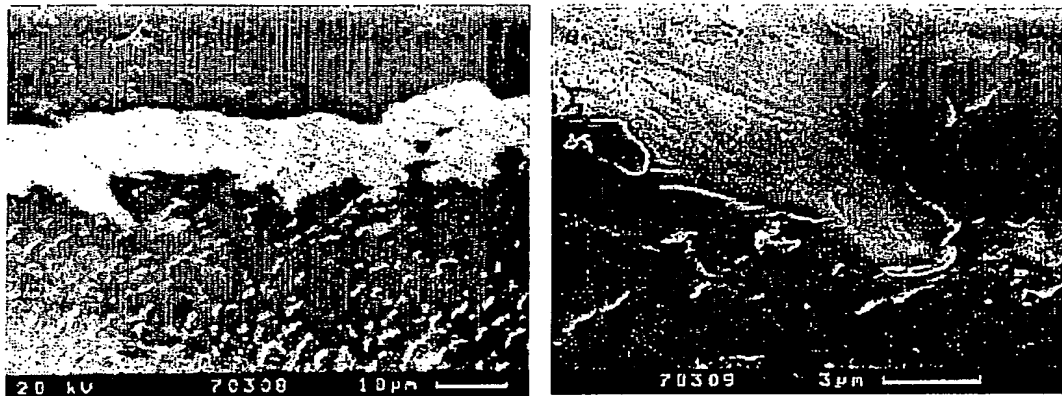
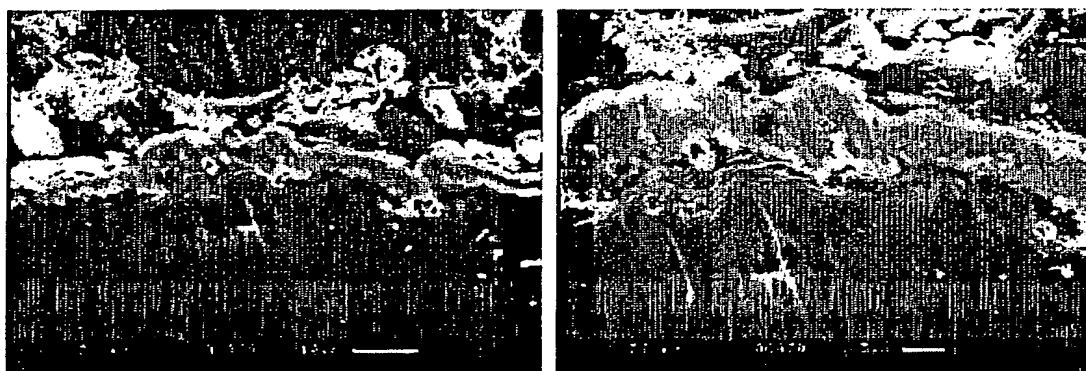


Abbildung 4 - Stand der Technik





(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
28. Oktober 2004 (28.10.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/092444 A3**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: C23C 18/16,  
18/22

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/IB2004/050461

(22) Internationales Anmeldedatum:  
15. April 2004 (15.04.2004)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10317793.0 16. April 2003 (16.04.2003) DE  
102004001613.5 9. Januar 2004 (09.01.2004) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): AHC OBERFLÄCHENTECHNIK GMBH & CO.  
OHG [DE/DE]; Boelckestr. 25 - 57, 50171 Kerpen (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): SAUER, Hartmut  
[DE/DE]; Flurweg 24, 57234 Wilnsdorf (DE).

(74) Anwalt: DUNKELBERG, Oliver; Patentanwaltskanzlei  
Dr. Oliver Dunkelberg, Düsseldorfer Landstr. 249 - 251,  
47259 Duisburg (DE).

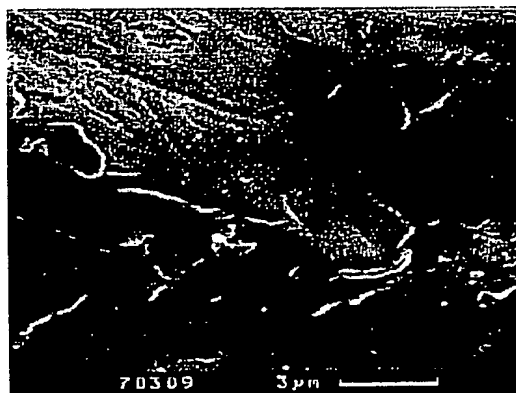
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,  
CN, CO, CR, CU, CZ, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,  
GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE,  
KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD,  
MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG,  
PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM,  
ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: USE OF AN OBJECT AS AN ELECTRONIC COMPONENT

(54) Bezeichnung: VERWENDUNG EINES GEGENSTANDS ALS ELEKTRONISCHES BAUTEIL



(57) Abstract: The use of an object as an electronic component is disclosed, the surface of which entirely or partially comprises a composite material made of a non-metallic substrate which contains at least one polymer, and of a metallic layer deposited thereon without an external current supply, and having an adherence of at least 4 N/mm<sup>2</sup>.

(57) Zusammenfassung: Verwendung eines Gegenstands als elektronisches Bauteil, dessen Oberfläche ganz oder teilweise einen Verbundwerkstoff aufweist, wobei der Verbundwerkstoff aus einem nichtmetallischen Substrat, enthaltend mindestens ein Polymer, und einer darauf befindlichen auf elektrisch abgeschiedenen metallischen Schicht mit einer Haftfestigkeit von mindestens 4 N/mm<sup>2</sup> besteht.

WO 2004/092444 A3



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

(88) Veröffentlichungsdatum des internationalen

Recherchenberichts:

6. Januar 2005

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 C23C18/16 C23C18/22

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 C23C

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2003/031803 A1 (BELOUET CHRISTIAN ET AL) 13 February 2003 (2003-02-13) column 1, paragraph 4; claims 1,10 column 2, paragraphs 28,42 column 3, paragraphs 44,53,56,61	1-24
X	US 5 599 592 A (LAUDE LUCIEN D) 4 February 1997 (1997-02-04) column 1, lines 11,12; claim 1 column 2, lines 31-40 column 3, lines 40-63; examples 1,6	1-24
A	US 5 517 758 A (NAKAMURA TSUNESHI) 21 May 1996 (1996-05-21) column 5, lines 45-54; claim 1 column 6, lines 14-28	1-17

--/--

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\* & \* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 October 2004

Date of mailing of the international search report

16/11/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gault, N

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0 664 664 A (IBM) 26 July 1995 (1995-07-26) column 4, lines 18-36; claim 1	1-4, 7, 12, 14-17

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)	Publication date
US 2003031803	A1	13-02-2003	FR	2822167 A1	20-09-2002
			EP	1241279 A1	18-09-2002
US 5599592	A	04-02-1997	BE	1008038 A5	03-01-1996
			AT	156868 T	15-08-1997
			DE	69500550 D1	18-09-1997
			DE	69500550 T2	05-03-1998
			WO	9520689 A1	03-08-1995
			EP	0693138 A1	24-01-1996
			ES	2108570 T3	16-12-1997
US 5517758	A	21-05-1996	JP	5335744 A	17-12-1993
			DE	69303684 D1	22-08-1996
			DE	69303684 T2	28-11-1996
			EP	0590635 A1	06-04-1994
			JP	6196856 A	15-07-1994
EP 0664664	A	26-07-1995	US	5509557 A	23-04-1996
			EP	0664664 A1	26-07-1995
			JP	2643099 B2	20-08-1997
			JP	7221443 A	18-08-1995

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 IPK 7 C23C18/16 C23C18/22

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 IPK 7 C23C

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2003/031803 A1 (BELOUET CHRISTIAN ET AL) 13. Februar 2003 (2003-02-13) Spalte 1, Absatz 4; Ansprüche 1,10 Spalte 2, Absätze 28,42 Spalte 3, Absätze 44,53,56,61	1-24
X	US 5 599 592 A (LAUDE LUCIEN D) 4. Februar 1997 (1997-02-04) Spalte 1, Zeilen 11,12; Anspruch 1 Spalte 2, Zeilen 31-40 Spalte 3, Zeilen 40-63; Beispiele 1,6	1-24
A	US 5 517 758 A (NAKAMURA TSUNESHI) 21. Mai 1996 (1996-05-21) Spalte 5, Zeilen 45-54; Anspruch 1 Spalte 6, Zeilen 14-28	1-17
	----- -/--	

☒ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann nahelegend ist

\*Z\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

21. Oktober 2004

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

16/11/2004

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Gault, N

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 0 664 664 A (IBM) 26. Juli 1995 (1995-07-26) Spalte 4, Zeilen 18-36; Anspruch 1	1-4, 7, 12, 14-17

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2003031803	A1	13-02-2003	FR	2822167 A1	20-09-2002
			EP	1241279 A1	18-09-2002
US 5599592	A	04-02-1997	BE	1008038 A5	03-01-1996
			AT	156868 T	15-08-1997
			DE	69500550 D1	18-09-1997
			DE	69500550 T2	05-03-1998
			WO	9520689 A1	03-08-1995
			EP	0693138 A1	24-01-1996
			ES	2108570 T3	16-12-1997
US 5517758	A	21-05-1996	JP	5335744 A	17-12-1993
			DE	69303684 D1	22-08-1996
			DE	69303684 T2	28-11-1996
			EP	0590635 A1	06-04-1994
			JP	6196856 A	15-07-1994
EP 0664664	A	26-07-1995	US	5509557 A	23-04-1996
			EP	0664664 A1	26-07-1995
			JP	2643099 B2	20-08-1997
			JP	7221443 A	18-08-1995



This Page is inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record

## BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLORED OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REPERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images problems checked, please do not report the problems to the IFW Image Problem Mailbox**